

**ВЗАЄМОДІЯ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ:
ОСОБЛИВОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ
В ПУНКТАХ ПЕРЕРОБКИ ВАНТАЖІВ**

В.Ю. Федоров¹, К.Г. Ковцур², Н.В. Птиця³

¹аспірант кафедри транспортних систем і логістики,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-0940-6774

²к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних систем і логістики,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-0445-5438

³к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних систем і логістики,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-4559-7651

Анотація

Вступ. На сьогоднішній день колаборація вимог клієнтів і політики взаємодії елементів ланцюга постачань ускладнює процеси, що відбуваються всередині інтегрованого ланцюга. Сьогодні вже складно уявити ланцюг постачання споживчих товарів без дистриб'юторів, розподільчих центрів, оптових баз. Усі ці учасники процесу постачання виконують функції, пов'язані з переробкою вантажів. Наявність в ланцюгах постачання пунктів переробки (ПП) дозволяє зменшити витрати усіх учасників. За рахунок вибору транспортних засобів (ТЗ) раціональної вантажності в ланках ланцюгів постачань, що передують ПП та йдуть опісля, досягається підвищення техніко-експлуатаційних показників роботи транспорту, таких як рівень завантаження ТЗ, загальний пробіг тощо. Крім економічних факторів, що обґрунтовують доцільність наявності проміжних пунктів в ланцюзі постачань, слід відзначити і екологічну складову, що підводить до зеленої логістики. Отже дослідження і вивчення функціонування ПП заслуговує особливої уваги дослідників. **Мета.** Дане дослідження спрямоване на виявлення факторів, що впливають на час перебування ТЗ у ПП вантажів. В роботі пропонується формалізація процесів, що відбуваються всередині таких пунктів з урахуванням особливостей та пріоритетів при обслуговуванні вантажопотоків згідно з існуючими вимогами таких пунктів. **Результати.** За допомогою аналізу літературних джерел виявлені методи формалізації реальних процесів в обслуговуванні ТЗ у ПП вантажів. Проаналізовано існуючі критерії оцінки функціонування таких пунктів. Запропоновано методіку визначення часу очікування ТЗ обслуговування в ПП з урахуванням особливостей реальних процесів, що відбуваються. **Висновки.** Запропонована методіка визначення часу перебування ТЗ у ПП вантажів. Аналіз діяльності ПП вантажів показав, що існує відносний пріоритет в обслуговуванні ТЗ. Отримані результати становлять інтерес як для перевізників в питаннях планування роботи транспорту, так і для ПП вантажів.

Ключові слова: пункт переробки, термінал, вантаж, час обслуговування, час очікування, пріоритет, автомобільний транспорт.

**INTERACTION OF TRANSPORT MODES:
FEATURES OF SERVICING VEHICLES AT CARGO-HANDLING FACILITIES**

V.Yu. Fedorov¹, K.H. Kovtsur², N.V. Ptytsia³,

¹Ph.D. Student of the Department of Transport Systems and Logistics,
Kharkiv National Automobile and Road University, Kharkiv, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-0940-6774

²Ph.D. of Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department
of Transport Systems and Logistics,
Kharkiv National Automobile and Road University, Kharkiv, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-0445-5438

³Ph.D. of Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department
of Transport Systems and Logistics,
Kharkiv National Automobile and Road University, Kharkiv, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-4559-7651

Summary

Introduction. Today, the collaboration of customer requirements and the policy of interaction between elements of the supply chain complicates the processes occurring within the integrated chain. It is difficult to imagine today the supply chain of consumer goods without distributors, distribution centers, wholesale bases. All these supply chain participants perform functions related to the cargo handling process. The availability of cargo-handling facilities in the supply chain can reduce the costs of all participants. The resulting increase in transport performance, such as vehicle load levels, etc., is due to the selection of vehicles of a rational load capacity at the supply chain links upstream and downstream of the cargo-handling facilities. In addition to the economic factors justifying the existence of intermediate points in the supply chain, there is also an environmental component leading to green logistics. Therefore, the research and study of the functioning of cargo-handling facilities requires special attention of researchers. **Purpose.** This study aims to identify factors affecting the time vehicles spend at cargo-handling facilities. The paper proposes to formalize the processes taking place inside cargo-handling facilities, taking into account the peculiarities and priorities in servicing cargo flows in accordance with the existing requirements of such facilities. **Results.** By means of analysis of literature sources the methods of formalization of real processes in the maintenance of vehicles at the cargo-handling facilities are revealed. The existing criteria for assessing the functioning of such facilities are analyzed. A methodology for determining the waiting time of service vehicles at cargo-handling facilities is proposed, taking into account the peculiarities of real processes. **Conclusions.** The methodology for determining the time of stay of vehicles in cargo-handling facilities is proposed. Analysis of the activities of cargo-handling facilities showed that there is a relative priority in servicing vehicles. The obtained results are of interest both for carriers in matters of transport planning and for cargo-handling facilities.

Key words: cargo-handling facilities, terminal, cargo, service time, waiting time, priority, road transport.

Вступ. На сьогоднішній день в усьому світі спостерігається збільшення попиту на доставку вантажів: як в регіональному, міжміському, так і в міжнародному сполученні. В той же час стрімкий розвиток ринкових відносин в сегменті

ринку автомобільних перевезень вплинув на утворення нових автотранспортних підприємств, що призвело до утворення конкуренції між транспортними компаніями. Утворені тенденції призводять до необхідності оперативного та якісного виконання логістичних операцій на всіх ланках ланцюга постачань. Однак операції, що відбуваються в ПП вантажів, за часом і характером виконання досить часто носять стохастичний характер. ПП вантажів можуть бути як пункти навантаження (вантажовідправники), так і пункти розвантаження (вантажодержувачі). Часто в таких ПП вантажів може відбуватись і безпосередня перевалка вантажів з одного ТЗ на інший, а отже такі пункти стають проміжними пунктами в ланцюзі постачань. Такі термінали виконують більш ширші функції, аніж звичайні ПП, а отже і формалізація процесів, що відбуваються в середині такої складної системи стає надскладним питанням. Виходячи з цього можна стверджувати, що від якісної організації процесів, що відбуваються в ПП вантажів і буде залежати ефективність функціонування всього ланцюга постачань.

Постановка проблеми. На відміну від операцій транспортування, де процес оптимізується за допомогою відомих методів (вирішення задач маршрутизації, транспортної задачі тощо), операції в ПП вантажів залишаються практично неоптимізованими. Критерієм такої оптимізації має стати час обробки вантажів, зменшення якого призведе до оптимізації роботи ПП та зменшення непродуктивних простоїв ТЗ перевізників. Однак при вирішенні такої задачі, необхідно врахувати параметри роботи пунктів перевалки, особливості вантажопотоків, що надходять до ПП, характеристики рухомого складу та особливості відносин з перевізниками, що визначені в договорах на перевезення. Визначення цих параметрів і дослідження їх впливу на критерій ефективності дозволило б раціоналізувати процес переробки вантажів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день опис процесів переробки вантажів в терміналах представлений в роботах багатьох дослідників. Спостерігається інтерес до вивчення процесів функціонування ПП вантажів саме водного транспорту [1-3]. Пояснюється така зацікавленість задовгими простоями ТЗ в очікуванні обслуговування, що призводить до зменшення рентабельності рухомого складу, збільшення витрат на доставку через штрафи за простої тощо.

В роботі [1] визначається перелік необхідних логістичних послуг для комплексного обслуговування в терміналах. Авторами запропоновано показники ефективності та повноти надання послуг в терміналах, що виражаються коефіцієнтами ефективності. Ранжування дозволило встановити, що сумісність та одночасне виконання декількох операцій (наприклад розвантаження і оформлення документів) є найважливішим фактором для клієнтів. Однак такі критерії, що відносяться до економічної групи (наприклад, витрати) за надані послуги виявились незначущими. Реалізація цього підходу може дозволити полегшити процес прийняття рішень. Але слід зазначити, що результати отримані на основі анкетування користувачів послуг конкретного терміналу, розташованого в Польщі, обмежує використання отриманих результатів на інших об'єктах.

Аналіз літературних джерел щодо оптимізації логістичних операцій в ланцюгу постачань показав, що основними напрямками розвитку транспортних послуг виступають такі процеси, які направлені на удосконалення та покращення

транспортної логістики в цілому: впровадження різноманітних автоматизацій, які базуються на штучному інтелекті, розвиток різнонаправлених систем блокчейну, введення комплексної політики діджиталізації, впровадження нових методів оцифрування інформації та використання хмарних технологій [4]. Але всі ці напрямки є додатковими і зможуть дати позитивний результат тільки після того, як сам технологічний процес переробки вантажів буде оптимізованим.

Однією з проблем раціоналізації надання транспортних послуг є неврегульована ситуація сумісної роботи ПП вантажів і вантажного транспорту. Оптимізація цього процесу дала б змогу збільшити продуктивність роботи як автомобільного транспорту, так і самих пунктів. Так в роботі [5] пропонується рішення проблеми обслуговування транспортних одиниць за допомогою багаточільової оптимізації. Значущими параметрами при цьому є час обробки ТЗ, його вантажність, тип і характеристики ПП. Запропонована модель перевірялась на реальному об'єкті дослідження. Критерієм ефективності запропоновано час доставки вантажів.

Особливої уваги заслуговують роботи, в яких процес обслуговування ТЗ описується за допомогою методів нечіткої логіки [6], нейтрософських методів [7], теорії масового обслуговування та теорії розкладів [8]. Ці моделі є більш реалістичними. Для опису довжини черги ТЗ в ПП вантажів зазвичай використовується Закон Літтла [9]. Так в роботі [10] на прикладі терміналу крос-докінгу пропонується вирішення питання визначення послідовності ТЗ на в'їзді і виїзді та план обслуговування, щоб звести до мінімуму час всього процесу. Використовується лагранжева релаксація, як метод, що перетворює складну задачу оптимізації з обмеженнями до наближеного більш простого виду.

Слід розуміти, що на практиці спостерігається наявність черг в ПП вантажів. Неналежне виконання графіків виконання операцій та надмірне очікування ТЗ призводить до додаткових витрат в явному або скритому вигляді. Саме тому спостерігається особливий інтерес дослідників у вивченні та формалізації процесів, що відбуваються в ПП вантажів.

Формулювання цілей статті. Основною метою даної роботи є визначення особливостей функціонування ПП, виявлення факторів, що обумовлюють поведінку в обслуговуванні вантажопотоків в ПП та формалізувати час очікування обслуговування ТЗ в таких пунктах.

Виклад основного матеріалу. В загальному випадку постановка задачі процесу переробки вантажопотоків полягає в тому, що протягом певного періоду часу кожне джерело доставки (вантажопотік) має свої характеристики – інтенсивність надходження, час обслуговування, вантажність ТЗ тощо, і кожен пункт призначення має певні вимоги та характеристики – переробна спроможність, кількість постів тощо. Критерієм ефективності має стати мінімізація сумарного часу, що витрачається як ТЗ, що перебувають в ПП, так і роботи самих пунктів. Раціоналізація даного критерію безпосередньо впливає на витрати усього ланцюга поставчань. Очевидно, що при незмінному обсязі матеріалопотоку, що прибуває до ПП наявна кількість механізмів буде здійснювати безпосередній вплив на сумарні витрати на простій ТЗ та механізмів.

В умовах практичної обмеженості переробної спроможності ПП і значної нерівномірності прибуття ТЗ на обслуговування неминуче виникнення черг ТЗ в очікуванні обслуговування. При цьому, ТЗ, що утворюють чергу, мають різні

техніко-економічні характеристики. Ця обставина наводить до того, що та чи інша послідовність обробки ТЗ суттєвим чином впливає на загальну вартість обробки. У таких умовах формалізація процесу обслуговування вантажопотоків в ПП зводиться до необхідності оптимізації черговості обробки ТЗ.

Але, оскільки технологія обробки транспортної одиниці в ПП не залежить від місця ТЗ в черзі, то і витрати на обслуговування не залежать і від порядку їх обслуговування. Тоді цільова функція даної задачі має зводитися до мінімізації втрат часу на очікування ТЗ початку обслуговування:

$$\sum_{i=1}^n W_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

де W_i – час очікування обслуговування i -им ТЗ з черги.

Отже в результаті визначення раціональної черговості і досягається мінімізація сукупних витрат на обслуговування ТЗ в ПП вантажів.

Практика обслуговування ТЗ у пунктах переробки також вказує на існування певного пріоритету в обслуговуванні різних вантажопотоків. Під пріоритетом слід розуміти переважне право вибору з черги для обслуговування заявок, одного класу по відношенню до заявок інших класів. Отже ТЗ, що прибувають до ПП обслуговуються не в порядку їх хронологічного моменту прибуття [11].

В загальному випадку, якщо до обслуговування надходить заявка з певним пріоритетом, то ТЗ спочатку становиться останнім в чергу. Перед тим, як стати під обслуговування, має бути: завершено процес обслуговування того ТЗ, який вже знаходиться на посту і який вже почали обслуговувати; мають бути обслужені всі ТЗ, які вже знаходились в черзі, до приїзду останнього; а також обслужені всі ті ТЗ, які приїхали до пункту після досліджуваного за час його очікування, але які мали більший пріоритет і тому були обслужені раніше. Отже за час очікування обслуговування досліджуваного ТЗ існує ймовірність прибуття автомобілів з більш високим пріоритетом, що стануть під обслуговування раніше за ТЗ, що розглядається.

Введемо позначення для опису процесів в ПП вантажопотоків. Представимо ПП у вигляді системи масового обслуговування. Під вимогою в даному випадку вважаємо ТЗ, що прибув на обслуговування в ПП вантажів. Нехай:

$$k = 1, 2, \dots, r, \quad (2)$$

де k – номери пріоритетних класів вимог, що надходять в систему масового обслуговування.

Тоді функція розподілу ймовірностей тривалості обслуговування X_k вимог k -го пріоритету матиме вигляд:

$$G_k(t) = P(X_k \leq t), t > 0. \quad (3)$$

Нехай λ_k – інтенсивність надходження вимог k -го пріоритету, тоді навантаження на систему обслуговування вимог k -го пріоритету буде мати вигляд:

$$\rho_k = \lambda_k \cdot M(X_k) = \lambda_k \int_0^{\infty} t dG_k(t), \quad (4)$$

де $M(X_k)$ – перший момент стаціонарного часу очікування вимог.

Нехай W_k – стаціонарний час очікування вимог k -го пріоритету, тоді для випадку, коли сумарне навантаження на систему обслуговування усіх пріоритетних класів буде меншим за одиницю, тобто:

$$\rho = \sum_{k=1}^r \rho_k < 1, \quad (5)$$

тоді отримаємо формулу для першого моменту стаціонарного часу очікування вимог k -го пріоритету:

$$M(W_k) = \frac{\sum_{j=1}^r \lambda_j^2 M(X_j^2)}{2 \left(1 - \sum_{j=1}^{k-1} \rho_j\right) \left(1 - \sum_{j=1}^k \rho_j\right)}. \quad (6)$$

У випадку, коли сумарне навантаження на систему обслуговування усіх пріоритетних класів буде більшою за одиницю, звісно, необхідно додати кількість каналів обслуговування в систему так, щоб навантаження на один канал стало меншим за одиницю.

Висновки. Головною особливістю функціонування ПП вантажів є робота з вантажопотоками, що надходять і є різними за своїми характеристиками та часом надходження. Така неоднорідність та стохастичність процесів призводить до неминучого виникнення черг автомобілів в очікуванні обслуговування, що призводить до зниження ефективності функціонування усього ланцюга постачань. Формалізація часу очікування ТЗ в черзі з урахуванням потреб ПП вантажів дає змогу спланувати роботу учасників даного процесу. В подальших дослідженнях необхідно провести апробацію запропонованої методики на реальному об'єкті для визначення типів існуючих пріоритетів потоків, здійснити збір та обробку статистичних даних про час обслуговування ТЗ для визначення часу перебування в таких пунктах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Filina-Dawidowicz L, Kostrzewski M. The Complexity of Logistics Services at Transshipment Terminals. *Energies*. 2022; 15(4). 1435. <https://doi.org/10.3390/en15041435>.
2. Samrout M., Yassine A., Sbihi A. Optimization Model for Berth and Transshipment Scheduling. *15th International Doctoral Students Workshop on Logistics*, Magdeburg, 2022. pp. 72-82. <http://dx.doi.org/10.25673/85956>.
3. Tagawa H., Kawasaki T., Hanaoka S. Conditions influencing the choice between direct shipment and transshipment in maritime shipping network. *Journal of Shipping and Trade*. 6(4). 2021. <https://doi.org/10.1186/s41072-021-00085-3>.
4. Jović M, Tijan E, Brčić D, Pucihar A. Digitalization in Maritime Transport and Seaports: Bibliometric, Content and Thematic Analysis. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2022. 10(4): 486. <https://doi.org/10.3390/jmse10040486>.
5. Al-Sultan A., Alsaber A. Solving vehicle transshipment problem using multi-objective optimization. *Far East Journal of Applied Mathematics*, 114, 2022. pp. 65-82. <https://doi.org/10.17654/0972096022015>
6. Baskaran R., Dharmalingam K., Mohamed S., Mohamed Assarudeen S. Fuzzy transshipment problem with trans. *International Journal of Pure and*

- Applied Mathematics*. 107 (4). 2016. 1053-1062 <https://doi.org/10.12732/ijpam.v107i4.22>.
7. Kumar A., Chopra R., Saxena R. An Enumeration Technique for Transshipment Problem in Neutrosophic Environment. *Neutrosophic Sets and Systems*. 50, 2022. pp. 552-563. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6774926>.
 8. Voevodskii E. N., Postan M. Ya. Stochastic models of transport flow interaction at transshipment points. *Cybernetics and Systems Analysis*. 1993. 29.1. pp. 78-87.
 9. Kruse K. Waiting time in continuous review (s,s) inventory systems with constant lead times., *Operations Research*. 29.1981. pp. 202-207.
 10. Monaco M., Sammarra M. A multiplier adjustment algorithm for a truck scheduling and transshipment problem at a cross-docking terminal. *Soft Comput*. 2022, pp. 1-25. <https://doi.org/10.1007/s00500-022-06999-9>.
 11. Kovtsur K., Ptytsia N., Liubiy Y., Fedorov V. An approach to determine vehicle idle time at unloading points. *AIP Conference Proceedings* 2439. 2021. 020012-1–020012-11. <https://doi.org/10.1063/5.0068437>.

REFERENCES

1. Filina-Dawidowicz L & Kostrzewski M. (2022). The Complexity of Logistics Services at Transshipment Terminals. *Energies*, 15(4),1435. <https://doi.org/10.3390/en15041435>.
2. Samrout M., Yassine A. & Sbihi A. (2022). Optimization Model for Berth and Transshipment Scheduling. *15th International Doctoral Students Workshop on Logistics*, June 23, Magdeburg. <http://dx.doi.org/10.25673/85956>.
3. Tagawa H., Kawasaki T. & Hanaoka S. (2021). Conditions influencing the choice between direct shipment and transshipment in maritime shipping network. *Journal of Shipping and Trade*, 6, 4. <https://doi.org/10.1186/s41072-021-00085-3>
4. Jović M, Tijan E, Brčić D & Pucihar A. (2022). Digitalization in Maritime Transport and Seaports: Bibliometric, Content and Thematic Analysis. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(4), 486. <https://doi.org/10.3390/jmse10040486>.
5. Al-Sultan A. & Alsaber A. (2022) Solving vehicle transshipment problem using multi-objective optimization. *Far East Journal of Applied Mathematics*, 114, 65-82. <https://doi.org/10.17654/0972096022015>.
6. Baskaran R., Dharmalingam K., Mohamed S. & Mohamed Assarudeen S. (2016). Fuzzy transshipment problem with trans. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 107 (4), 1053-1062 <https://doi.org/10.12732/ijpam.v107i4.22>.
7. Kumar A., Chopra R. & Saxena R. An Enumeration Technique for Transshipment Problem in Neutrosophic Environment. *Neutrosophic Sets and Systems*, 50, 2022, 552-563. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6774926>.

8. Voevodskii, E. N., & Postan, M. Y. (1993). Stochastic models of transport flow interaction at transshipment points. *Cybernetics and Systems Analysis*, 29(1), 78-87.
9. Kruse K. (1981). Waiting time in continuous review (s,s) inventory systems with constant lead times, *Operations Research*, 29, 202–207.
10. Monaco M.F. & Sammarra M. (2022). A multiplier adjustment algorithm for a truck scheduling and transshipment problem at a cross-docking terminal. *Soft Comput*, 1-25. <https://doi.org/10.1007/s00500-022-06999-9>.
11. Kovtsur K., Ptytsia N., Liubiy Y. & Fedorov V. (2021). An approach to determine vehicle idle time at unloading points *AIP Conference Proceedings*, 2439, 020012-1–020012-11. <https://doi.org/10.1063/5.0068437>.